УДК 621.397

Е.Г. ЖИЛЯКОВ, Д.А. ЧЕРНОМОРЕЦ
E.G. ZHILYAKOV, D.A. CHERNOMORETS

ОБ ИНФОРМАТИВНОСТИ СУБПОЛОСНОГО АНАЛИЗА ПОТОКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ОБНАРУЖЕНИИ ОБЪЕКТОВ

ON THE INFORMATIVENESS OF IMAGE FLOW SUBBAND ANALYSIS WHEN DETECTING THE OBJECTS

В работе рассмотрен подход обнаружения объектов на взволнованной морской поверхности на основе субполосного анализа последовательности изображений в рамках косинус-преобразования. Показано, что субполосный анализ изображений искомого объекта и морской поверхности позволяет выявить отличия в распределении их энергий, что может служить критерием обнаружения объекта.

Ключевые слова: субполосный анализ, морская поверхность, объект, субполосная матрица, косинус-преобразование.

We consider an approach for detecting objects on an agitated sea surface based on subband analysis of the image sequence within the cosine transformation in the paper. It is shown that the subband analysis of images of the desired object and the sea surface can reveal differences in the distribution of their energies, which can serve as a criterion for object detection.

Keywords: subband analysis, sea surface, object, subband matrix, cosine transformation.

Автоматическое обнаружение объектов на взволнованной морской поверхности является одной из актуальных задач современных систем машинного зрения. При создании новых систем технического зрения в связи с возрастанием требований к достоверности обнаружения и быстродействию их работы возникает необходимость совершенствования известных подходов и методов обнаружения объектов на морской поверхности. Так, например, для задачи автоматического обнаружения малоконтрастных объектов на поверхности моря отсутствует универсальное решение. В настоящее время имеются решения только для определенных задач с заданными характеристиками окружающего фона и объектов, например, для задач автоматического обнаружения с помощью радиолокационных систем, обнаружения воздушных объектов с помощью тепловизионных средств, методы обнаружения на основе сопоставления отдельных областей зарегистрированных изображений с эталонными изображениями искомых объектов. Однако в условиях зашумленности радиоканала, а также при необходимости обеспечения скрытности наблюдения, в условиях, когда искомые объекты могут быть неотличимы от фона в инфракрасном диапазоне и др., необходимо анализировать данные, регистрируемые различными средствами, например, оптико-электронной системой наблюдения в видимом диапазоне, используя ограниченный набор описаний характеристик объектов, например, частота изменения яркости пикселей изображения объекта на последовательных регистрируемых кадрах.

Перспективным направлением исследований частотных свойств объектов на последовательности кадров является субполосный анализ [1, 2] в рамках косинус-преобразования. Субполосный анализ позволяет исследовать частотные свойства объектов с позиций разбиения области определения косинус-преобразования на подобласти.

Математический аппарат субполосного анализа основан на применении субполосных матриц [1, 2], элементы которых определяются следующим образом.

Пусть имеется последовательность K изображений, на которых в пикселях с индексами (/q , *jo*) отображается фрагмент искомого объекта. Сформируем вектор *x*,

$$jf = (^{x}],\ ^{x}2,\bullet\bullet\bullet,\ ^{x}K\ )^{T}, \qquad (1)$$

значения элементов которого соответствуют яркости пикселя с индексами (/q , jo) рассматриваемых изображений.

Тогда элементы субполосных матриц G_r , r = 1,2,...,R , применяемых для анализа частотных характеристик вектора x в частотных интервалах V_r , r = 1,2,...,R, на которые разбита область определения косинус-преобразования,

$$Vr = [Ur,l,\ Ur,2)\ ,\ 0 < Uri < Ur,2 <n, \quad r = 1,2,...,\ R\ , \qquad (2)$$

$$U\ i\ i\ =\ 0\ ,\ U\ r\ _2 = \ K\ .$$

определяются на основании следующих соотношений [2, 3]:

$$G_r = A_r + G_r, \qquad (3)$$

где матрица A_r = (^/^ *n*), /,*n* = 1,2,...,K , - субполосная матрица в экспоненциальном базисе Фурье, элементы которой имеют вид:

$$a_{in} = i \begin{cases} \dfrac{\sin(u_{r\,2}\,(l - n)) - \sin(u_r\, i\, (i - n))}{ж\{1 - n)}, & i \wedge n, \\ \dfrac{^{u}r\ 2\ ^{u}r\ l}{K}, & i = n, \end{cases} \qquad (4)$$

и матрица G_r = (gj'_n), l,n = 1,2,...,K , - дополнительная квазисубполосная матрица косинус-преобразования, элементы которой имеют вид:

$$\wedge\sim[n\ =. \ \frac{\sin(u_{r\,2}\,(l + n -1)) - \sin(u_r\, i\, (i + n -1))}{K(i + n -1)}\ . \qquad (5)$$

При этом доля энергии (квадрат евклидовой нормы) вектора x соответствующей подобласти V_r имеет значение [1, 2]:

$$P_r\ (:?) = :x^T G_r :x\ /1|\ :x\ ||^2. \qquad (5)$$

Рассмотрим векторы y , построенные аналогично вектору x вида (1) на основании пикселей последовательности изображений, соответствующих изображению взволнованной морской поверхности.

Известно [4, 5], что части энергии векторов y имеют отличные от нуля достаточно большие значения в широком частотном диапазоне.

Известно [4, 5] также, что в большинстве случаев для плавающих на поверхности моря объектов энергия соответствующих им векторов x вида (1) распределена в более узком диапазоне частот, чем энергия векторов y изображений морской поверхности.

В качестве примера рассмотрим распределение энергии векторов x *и* y вида (1), построенных на основании пикселей последовательности из 100 изображений (кадры тестовой видеозаписи). Изображение первого кадра приведено на рисунке 1. Пиксель изображений, соответствующий искомому объекту, на рисунке 1 отмечен стрелкой. Пиксель изображений, соответствующий морской поверхности, на рисунке 1 отмечен квадратом.

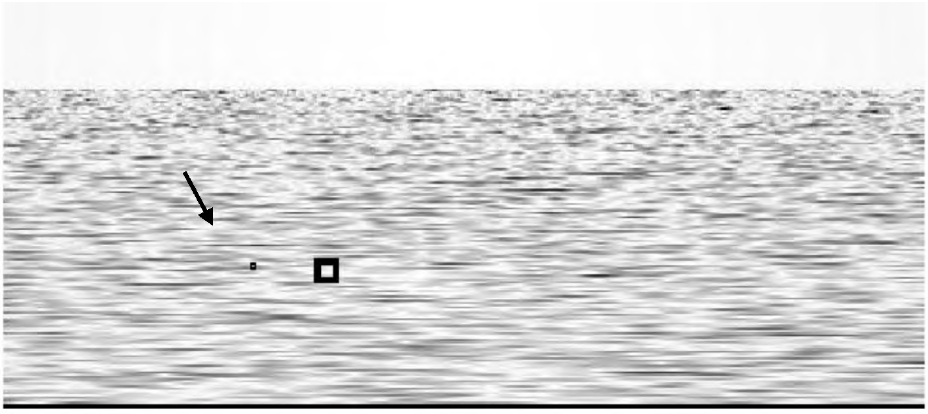

Рисунок 1 - Пример кадра анализируемой последовательности изображений

На рисунке 2 в качестве примера приведены графики распределения частей энергии P_x и Py соответствующих векторов x u y вида (1) по подобластям области определения косинус-преобразования (разбиение области определения выполнено на R = 16 частотных подобластей одинаковой величины).

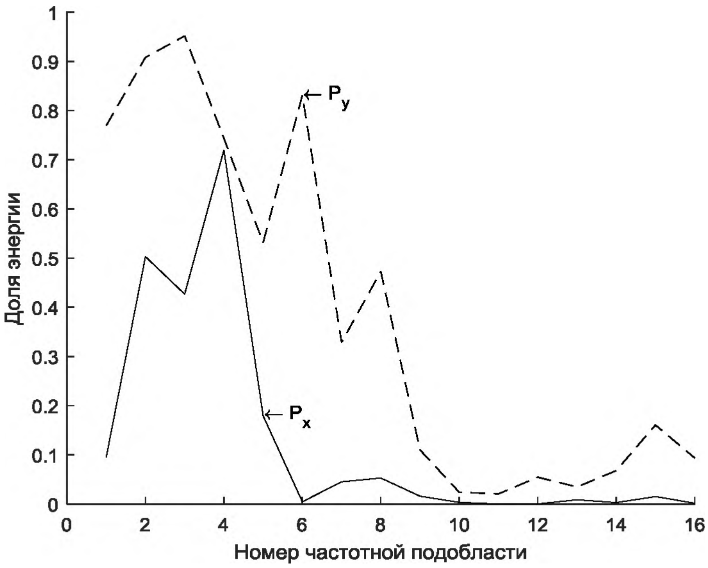

Рисунок 2 - Пример распределения частей энергии (квадрат евклидовой нормы) изображений плавающего объекта и морской поверхности

Результаты, приведенные на рисунке 2, показывают, что в частотных подобластях Ve ~ Vi6 изображение объекта практически не содержит энергию, при этом изображение морской поверхности в данных частотных подобластях имеет достаточно значительные доли энергии.

Следовательно, субполосный анализ изображений искомого объекта и морской поверхности позволяет выделить их характеристики (например, доли энергии), которые имеют различные значения для изображений объекта и поверхности моря, что может служить критерием обнаружения объекта.

Следовательно, применение субполосного анализа для выявления отличий в распределении энергий на последовательности изображений объектов и морской поверхности может служить основой разработки методов, позволяющих автоматически обнаруживать объекты на взволнованной морской поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жиляков Е.Г. Субполосные модели в обработке изображений / Е.Г. Жиляков, А.А. Черноморец, Е.В. Болгова. - Белгород: ООО «ГиК», 2016. - 155 с.

2. Жиляков Е.Г. Вариационные алгоритмы анализа и обработки изображений на основе частотных представлений: моногр. / Е.Г. Жиляков, А.А. Черноморец. - Белгород: ООО «ГиК», 2009. - 146 с.

3. Субполосный анализ изображений морской поверхности на основе косинус-преобразования / Д.А. Черноморец, В.М. Михелев, Е.В. Болгова, А.А. Черноморец // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. Ноябрь - декабрь 2019. Т. 19. № 6. - С. 1072-1078 (из перечня ВАК).

4. Golikov V., Lebedeva O. Adaptive detection of subpixel targets with hypothesis dependent background power. IEEE Signal Process. Aug. 2013, Lett., vol. 20, no. 8, - pp. 751-754.

5. Golikov V., Rodriguez-Blanco M., Lebedeva O. Robust multipixel matched subspace detection with signal-dependent background power. Journal of applied remote sensing, 2016. - DOI: 10.m7/1.JRS.10.015006.

Жиляков Евгений Георгиевич
Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород
Д.т.н., профессор, заведующий кафедрой информационно-телекоммуникационных систем и технологий
Тел.: +7 (4722) 301392
E-mail: zhilyakov@bsu.edu.ru

Черноморец Дарья Андреевна
Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород
Аспирант кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий
Тел.: +7 (4722) 301300 * 2175
E-mail: daria013ch@yandex.ru